

Comunicación AII-1

FOCALIZACIÓN DE LA CONVECCIÓN ESTIVAL EN CATALUÑA

Enric Terradellas

CMT de Cataluña (INM)

RESUMEN

En compleja orografía de Cataluña, junto con la influencia marítima del Mediterráneo, conlleva la aparición de procesos de focalización de la convección muy diversos. En el presente estudio se analizan los datos de localización de descargas eléctricas del verano de 1995 para identificar algunos de estos mecanismos de focalización. Para ello se divide el territorio en tres zonas, caracterizadas por la mayor o menor incidencia de la convección en las distintas franjas horarias. A algunas de estas zonas se les asocia determinados procesos de focalización de la convección, mostrándose algunos ejemplos observados durante el período de estudio.

1. Introducción

Para el estudio de la convección en Cataluña durante el período estival de 1995, considerando éste entre el día 16 de junio y el 15 de setiembre, se han utilizado los datos suministrados por la red de detección de descargas eléctricas. El área geográfica considerada es la comprendida entre 40° y 43° de latitud norte y entre 0° y 4° de longitud este.

Los primeros análisis apuntan a una gran variación diurna, lo que hace suponer que la radiación solar desempeña un papel fundamental en el disparo de la convección. No obstante, esta variación no es homogénea.

Se ha determinado el número de días de tormenta en cuadrículas de 0,2° de latitud por 0,2° de longitud, en períodos de 3 horas, entendiéndose que en una cuadrícula hay tormenta si en ella se detecta al menos una descarga eléctrica durante el período considerado.

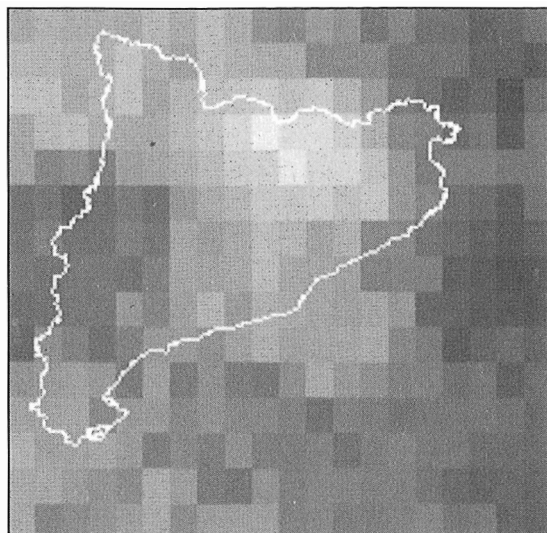


Fig. 1. Número de días en los que se registran descargas

2. Distribución geográfica del número de días con tormenta

En la Fig. 1 se pueden distinguir las zonas donde ha habido más días con tormentas —tonos claros— y las zonas donde ha habido menos —tonos oscuros—.

A simple vista se observa una gran influencia del relieve. Los valores más altos corresponden a la parte central del Prepirineo y Pirineo —en su vertiente meridional— y en el extremo septentrional de la *Serralada Transversal*, alcanzándose los 30 días en 9 de las cuadrículas: comarcas de la *Cerdanya*, el *Berguedà*, el *Ripollès*, *Osona* y la *Garrotxa*. Valores relativamente altos, entre 20 y 30 días, se alcanzan también en el resto de los Pirineos, en las montañas y tierras altas del centro de Cataluña y en la sierra de los *Ports de Beseit*.

No se llega a los 10 días en gran parte de las cuadrículas de la zona más oriental, ya sobre el Mediterráneo. Valores relativamente bajos se observan también en el resto de la zona marítima, en la parte oriental de la vertiente septentrional pirenaica y en los llanos de Lleida.

3. Variación diurna del número de tormentas

En las Figs. 2 a 9 se puede ver el número de días en que se han detectado tormentas para los distintos períodos trihorarios.

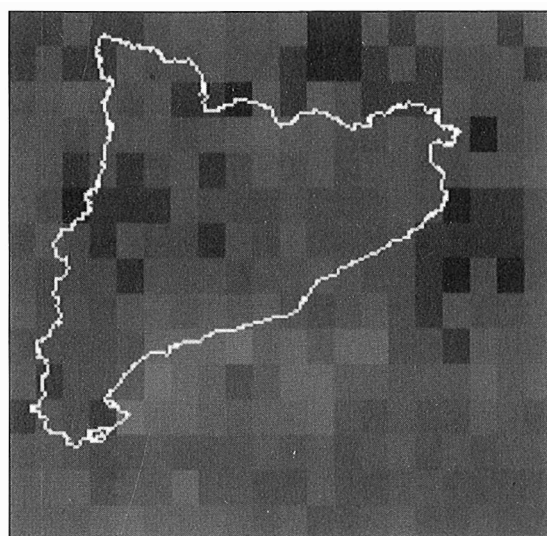


Fig. 2. Días en los que se registran descargas entre las 0 y las 3 horas

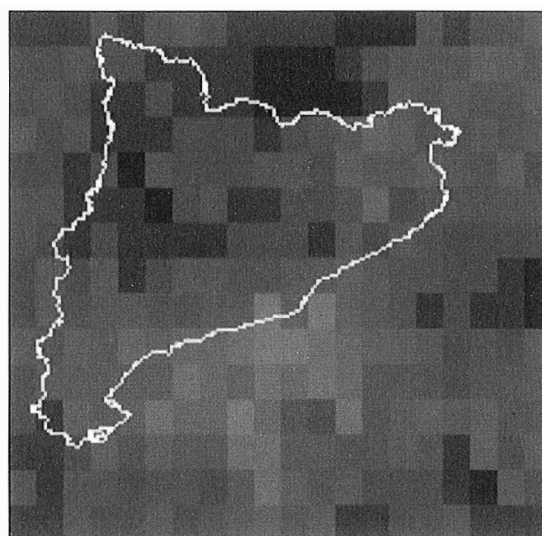


Fig. 3. Días en los que se registran descargas entre las 3 y las 6

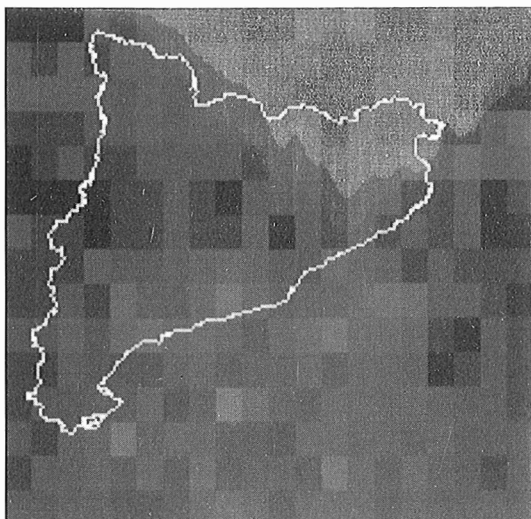


Fig. 4. *Días en los que se registran descargas entre las 6 y las 9*

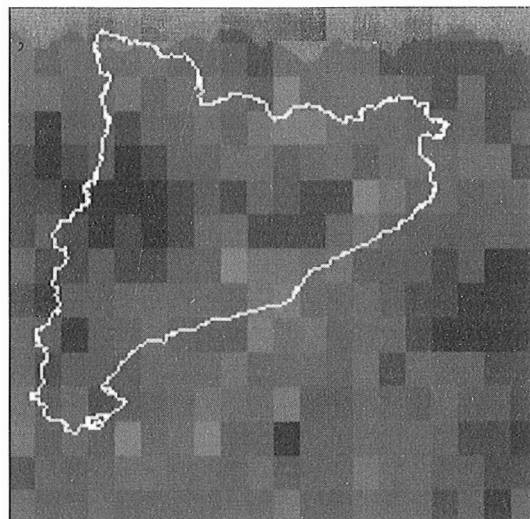


Fig. 5. *Días en los que se registran descargas entre las 9 y las 12*

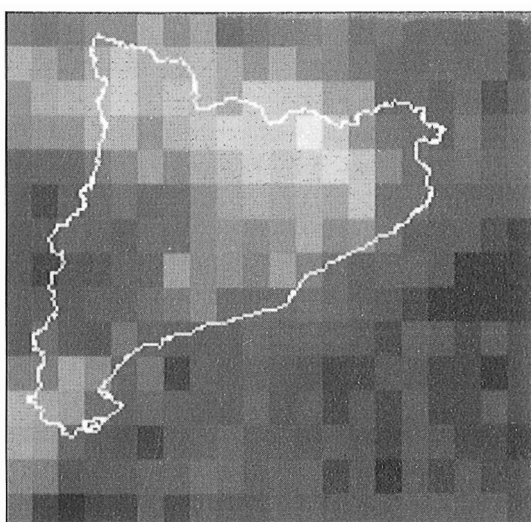


Fig. 6. *Días en los que se registran descargas entre las 12 y las 15*

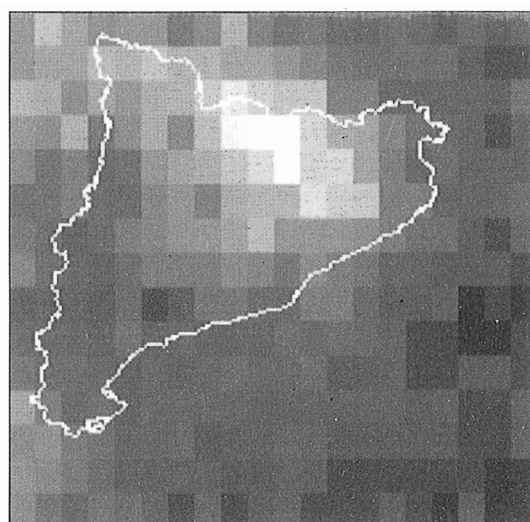


Fig. 7. *Días en los que se registran descargas entre las 15 y las 18*

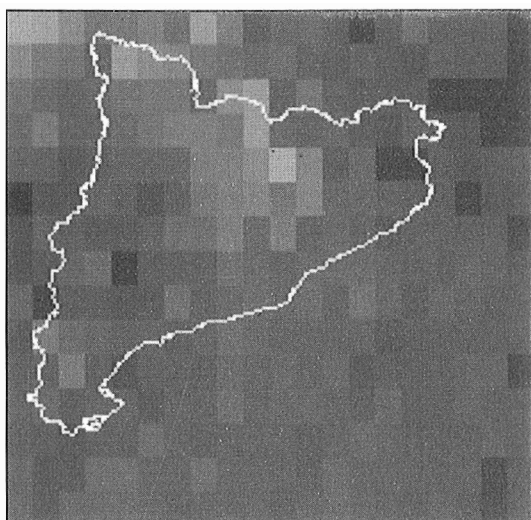


Fig. 8. *Días en los que se registran descargas entre las 18 y las 21*

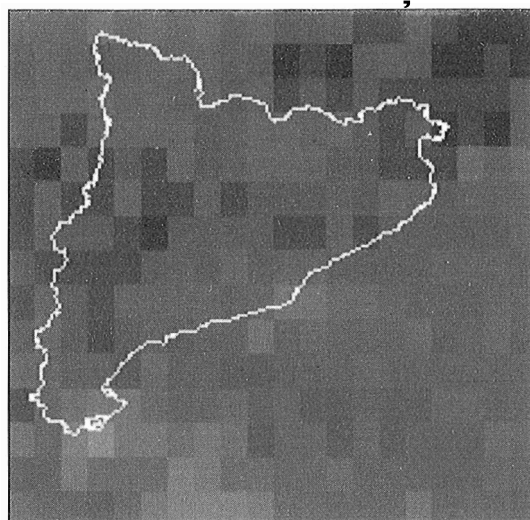


Fig. 9. *Días en los que se registran descargas entre las 21 y las 24*

Los valores más altos corresponden a los períodos comprendidos entre 12 y 15 y entre 15 y 18 horas G.M.T., llegándose a superar en algunas cuadrículas los 20 días. Los más bajos, a las horas nocturnas. El número medio de días de tormenta en una cuadrícula para cada período trihorario viene especificado en la Tabla 1.

Tabla 1

• *Número medio de días de tormenta para cada periodo trihorario*

Períodos	Núm. días tormenta
0 - 3	2,7
3 - 6	2,9
6 - 9	2,4
9 - 12	2,8
12 - 15	5,7
15 - 18	5,9
18 - 21	4,4
21 - 24	3,0
0 - 24	16,7

A pesar de estos rasgos generales, existen notables diferencias de unas zonas a otras. Durante la tarde los máximos son claros en las zonas montañosas. Por la noche, en cambio, la variación espacial es menor, llegando a aparecer máximos sobre el mar.

Estas diferencias son consecuencia de que el relieve desempeña un papel **fundamental** en el disparo de la convección durante la tarde. De noche, en cambio, la convección obedece más a procesos de forzamiento dinámico menos sensibles a las características de la superficie; no obstante, la temperatura del mar, superior a la de la tierra, favorece que la convección se desarrolle allí con más facilidad.

4. Zonas con una variación diurna homogénea de la actividad tormentosa

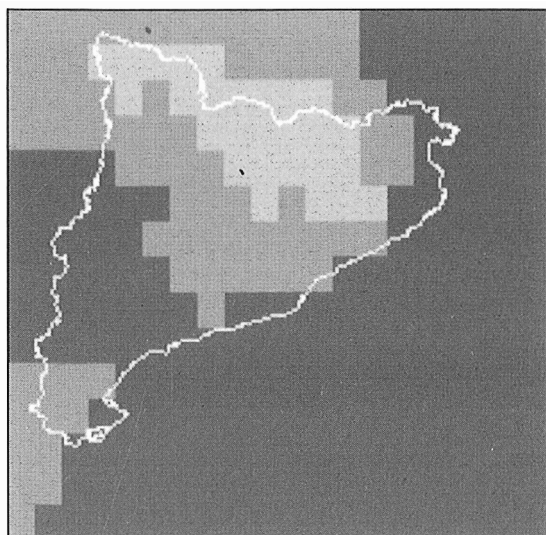


Fig. 10. Zonas con una variación diurna homogénea de la actividad tormentosa

El *cluster analysis* ha demostrado ser eficaz para identificar las zonas donde la variación **diurna** de la actividad tormentosa es homogénea. Mediante esta herramienta se han podido localizar áreas geográficas en las que, presumiblemente, actúan mecanismos similares para el disparo de la convección.

Se ha partido del número de días de tormenta en los ocho períodos trihorarios para cada una de las cuadrículas. A esta base de datos se le ha aplicado el *cluster analysis*, usando el método *k-means*. La división en 3 grupos ha sido la que ha permitido una mejor interpretación. Las áreas asignadas a cada uno de los grupos pueden verse en la Fig. 10.

La zona I —tono más claro en la Fig. 10— comprende casi todo el Pirineo catalán, Prepirineo central, *Serralada Transversal*, Montseny y cuenca alta del Llobregat.

La zona II—tono intermedio — comprende básicamente el resto de la zona continental, a excepción de los llanos de Lleida y la parte central de la provincia de Tarragona.

La zona III—tono más oscuro — comprende el Mediterráneo, los llanos de Lleida y la parte central de la provincia de Tarragona.

Los valores medios por cuadrícula del número de días de tormenta para cada intervalo trihorario vienen detallados en la Tabla 2.

Tabla 2

Número medio de días de tormenta para cada período trihorario en las tres zonas

<i>Períodos</i>	<i>Zona I Núm. días tormenta</i>	<i>Zona II Núm. días tormenta</i>	<i>Zona III Núm. días tormenta</i>
0 - 3	2,5	2,3	2,9
3 - 6	1,9	2,1	3,4
6 - 9	1,9	1,8	2,7
9 - 12	4,5	2,9	2,6
12 - 15	15,2	9,7	2,8
15 - 18	16,6	9,1	3,2
18 - 21	7,6	5,7	3,4
21 - 24	3,0	2,8	3,1
0 - 24	27,9	20,6	13,7

5. Zona I o de montaña

Es la zona con mayor actividad tormentosa. Ésta se concentra sobre todo en el período de 12 a 18 horas, manteniéndose durante la noche y la mañana en valores similares a los medios para Cataluña.

En esta zona, el relieve desempeña un papel fundamental en el disparo de la convección originada por el calentamiento diurno.

También puede citarse una cierta influencia marítima en la parte más oriental. Aquí, la zona con tormentas muy frecuentes se extiende más al sur que en la parte occidental. Ello se debe al aporte de humedad por las brisas, que en verano alcanzan un extraordinario desarrollo. La curvatura de la costa constituye, también, un factor favorable a la convección, al facilitar la convergencia de vientos.

En las Figuras 11 a 13 se puede ver un ejemplo de convección restringida a este área geográfica. Episodios de este tipo son muy frecuentes durante el verano.

Aplicando de nuevo el *cluster analysis* a las cuadrículas de esta zona, pueden aún distinguirse dos subzonas. Esta división se representa en la Fig. 14.

La zona I.I—tono claro en la Fig. 14—abarca aproximadamente las comarcas de la *Cerdanyu*, el *Berguedà*, el *Ripollès*, norte de *Osona* y la zona de las *Guilleries*. Es donde los efectos descritos anteriormente son más acusados. Las tormentas son muy frecuentes por la tarde, con un máximo claro entre las 15 y las 18.

En la zona I.II siguen siendo frecuentes las tormentas durante la tarde, pero sin un máximo tan acusado. En ocasiones, las tormentas se originan aquí y se desplazan posteriormente a la zona I.I. Es por ello que, mientras en la zona I.II el máximo se observa entre las 12 y las 15, en la zona I.I el máximo es posterior, entre las 15 y las 18.

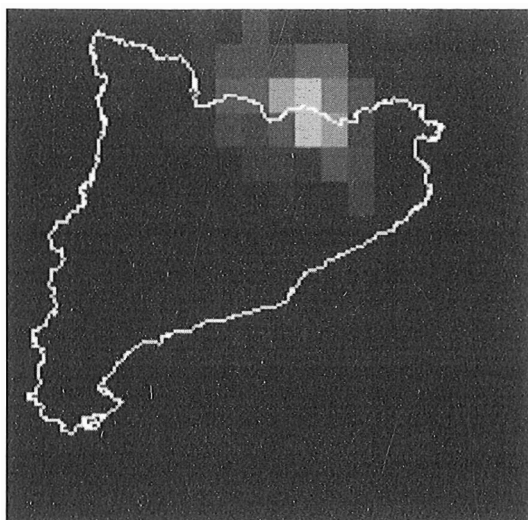


Fig. 11. Densidad de descargas detectadas el 17-7-95 entre las 12 y las 15

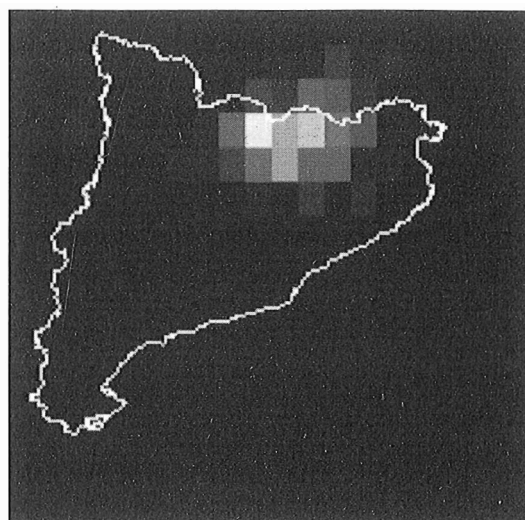


Fig. 12. Densidad de descargas detectadas el 17-7-95 entre las 15 y las 18

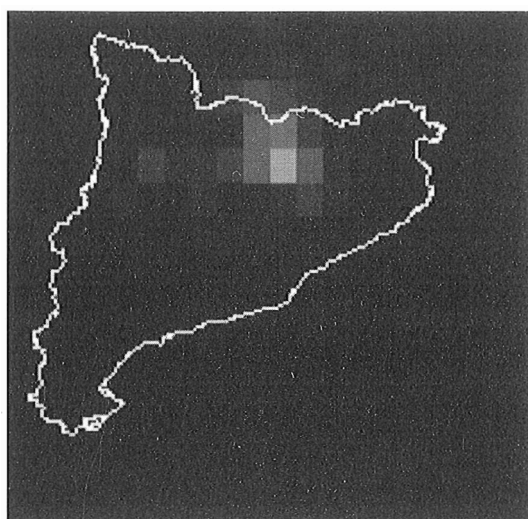


Fig. 13. Densidad de descargas detectadas el 17-7-95 entre las 18 y las 21

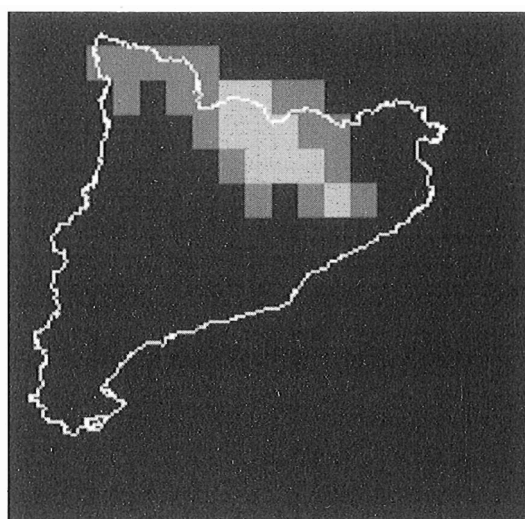


Fig. 14. Zona I. Subzonas con una variación diurna homogénea de la actividad tormentosa

Tabla 3

Número medio de días de tormenta para cada período ti-ihorario en las zonas I.I y I.II

Períodos	Zona I.I Núm. días tormenta	Zona I.II Núm. días tormenta
0 - 3	3,2	2,2
3 - 6	1,8	2,0
6 - 9	2,1	1,7
9 - 12	3,8	4,5
12 - 15	15,8	14,6
15 - 18	20,9	14,4
18 - 21	9,4	6,6
21 - 24	3,3	2,8
0 - 24	30,8	26,4

6. Zona II o continental

• En esta zona, la variación diurna de la actividad tormentosa constituye un caso intermedio entre las zonas I y III. Permanece el máximo durante la tarde que se observaba en la zona I, pero mucho más atenuado. Durante el resto del día, los valores apenas difieren.

Tabla 4

Número medio de días de tormenta para cada período trihorario en las zonas II.I, II.II y II.III

Períodos	Zona II.I Núm. días tormenta	Zona II.II Núm. días tormenta	Zona II.III Núm. días tormenta
0 - 3	1,5	2,3	2,3
3 - 6	1,0	2,0	2,3
6 - 9	0,3	1,9	1,8
9 - 12	2,3	2,8	3,0
12 - 15	6,0	11,0	8,6
15 - 18	12,3	10,5	6,8
18 - 21	10,7	6,3	4,2
21 - 24	3,7	3,0	2,5
0 - 24	21,0	21,9	19,1

La convección durante la tarde puede relacionarse también con el relieve, ya que se trata de una zona de montañas y terrenos altos y ondulados. No obstante, en esta zona, las tormentas suelen estar más asociadas a los fuertes calentamientos. Así, para que se desarrolle la convección, es importante que exista una temperatura de disparo relativamente baja y un CAPC alto. En las Figuras 15 a 17 se puede ver un ejemplo de tormentas en la zona II que apenas afectó a la zona I.

Aplicando el *cluster analysis* a las cuadrículas de la zona II se pueden distinguir las tres subzonas que se representan en la Figura 18.

La zona II.I —tono más claro en la Fig. 18— queda restringida a algunas áreas de la vertiente septentrional pirenaica, donde el porcentaje de descargas detectadas y la precisión en su localización pueden ser menores.

La zona II.II —tono intermedio— corresponde a la parte más montañosa de la zona II. El máximo de la tarde es más acusado que en la zona II.III, constituida ésta por áreas con relieve menos accidentado, debido a la mayor influencia del relieve en el desarrollo de la convección.

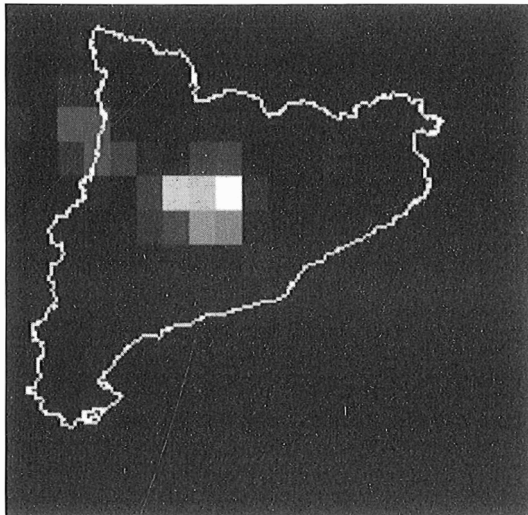


Fig. 15. Densidad de descargas detectadas el 18-8-95 entre las 12 y las 15

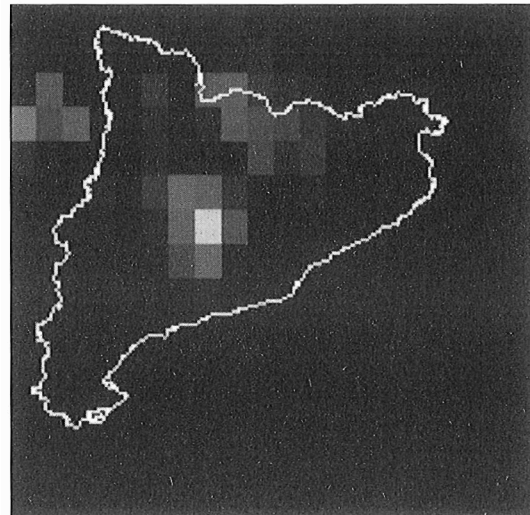


Fig. 16. Densidad de descargas detectadas el 18-8-95 entre las 15 y las 18

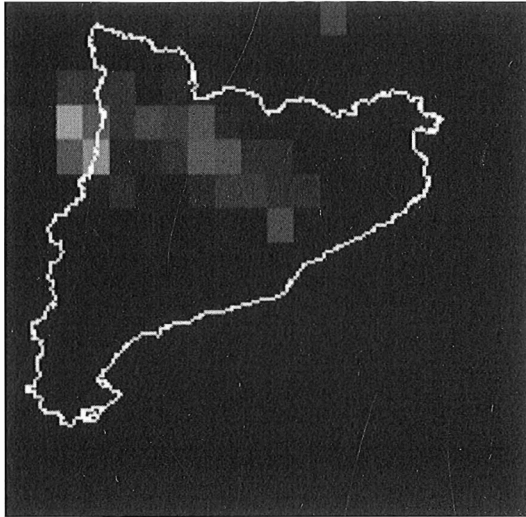


Fig. 17. Densidad de descargas detectadas el 18-8-95 entre las 18 y las 21

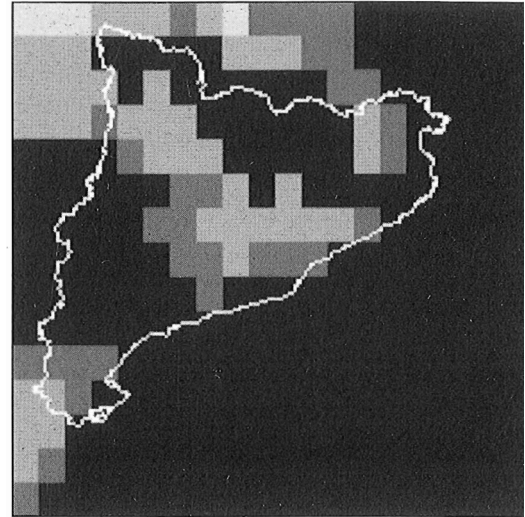


Fig. 18. Zona II. Subzonas con una variación diurna homogénea de la actividad tormentosa

7. Zona III o marítima

Es la zona con menor actividad tormentosa. No se perciben diferencias muy significativas entre los diferentes intervalos horarios. Tan sólo dos pequeños máximos, uno por la tarde y otro por la noche. Este máximo nocturno, sin ser espectacular, supone unos valores bastante más altos que en las dos zonas anteriores.

Las tormentas nocturnas son más frecuentes sobre el mar que sobre la tierra a causa de que las temperaturas son más altas y de que el suministro de humedad está asegurado. Pueden distinguirse las originadas sobre el propio mar y aquellas otras que, originadas sobre tierra, cerca del litoral, tienen un movimiento hacia el mar como consecuencia del desarrollo de nuevas células en la dirección de un viento incidente relativamente cálido y húmedo. Éste es el caso de la convección representada en las Figuras 19 a 21. A pesar de que las células individuales se desplazaban en dirección ENE, siguiendo el viento de niveles medios y altos, el sistema convectivo en conjunto lo hacía en dirección SE.

El motivo de que sobre el mar las tormentas se produzcan preferentemente de noche radica en el enfriamiento radiativo de las cimas de los cúmulos y estratocúmulos. Al mantenerse sin grandes cambios la temperatura de las capas inferiores, este enfriamiento puede provocar la inestabilización y el desarrollo de la convección.

Aplicando el *cluster analysis* a las cuadrículas de esta zona, se pueden distinguir tres subzonas con características notablemente distintas, representadas en la Fig. 22.

La zona III.I está constituida básicamente por los llanos de Lleida, interior de Tarragona y litoral de Girona y sur de Francia, junto con la zona marítima adyacente. En esta zona se mantiene un pequeño máximo por la tarde, aunque se insinúa ya el máximo nocturno. Pueden observarse tormentas de evolución diurna, aunque no son muy habituales.

La zona III.II está constituida por el litoral de Tarragona, sur de Barcelona y una amplia zona marítima adyacente. A pesar de que no se observan grandes diferencias a lo largo del día, el mayor número de tormentas se observa por la noche. En esta zona, las altas temperaturas del agua del mar y, como consecuencia, de la capa de aire más baja, suponen las condiciones más adecuadas para la realimentación de las células convectivas. Especialmente de noche, son habituales los episodios, como el descrito en las Figuras 19 a 21, en los que la convección se mantiene durante varias horas, desplazándose a veces lejos del punto donde se observaron las primeras células.

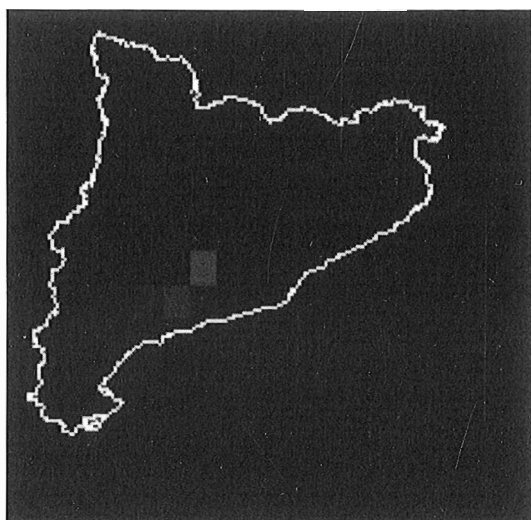


Fig. 19. Densidad de descargas detectadas el 6-8-95 entre las 21 y las 24

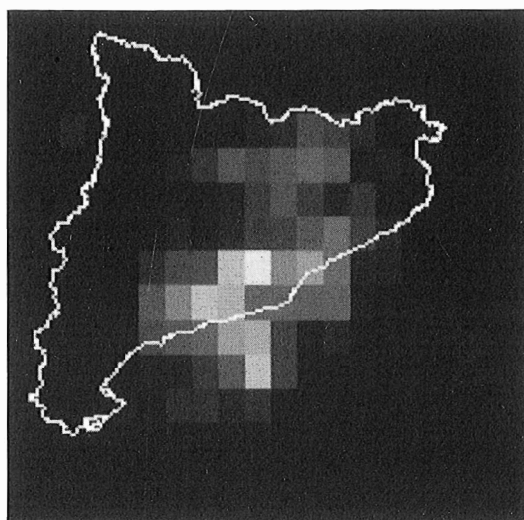


Fig. 20. Densidad de descargas detectadas el 7-8-95 entre las 0 y las 3

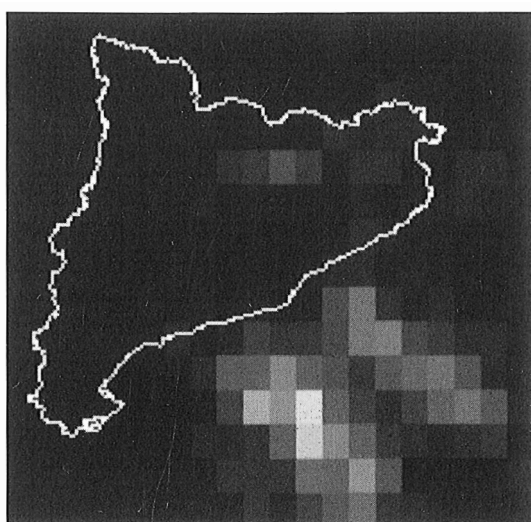


Fig. 21. Densidad de descargas detectadas el 7-8-95 entre las 3 y las 6

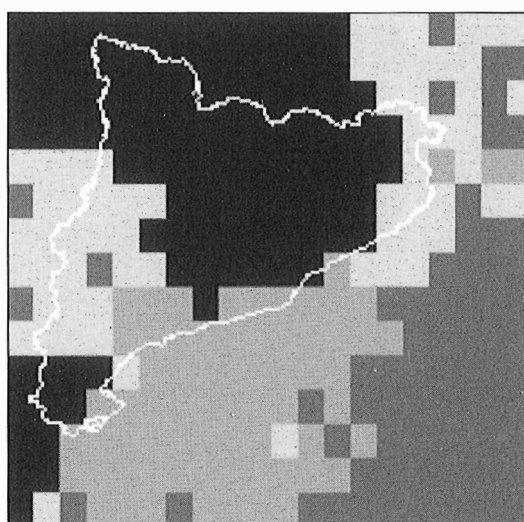


Fig. 22. Zona III. Subzonas con una variación diurna homogénea de la actividad tormentosa

La zona III.III está constituida por la parte más oriental de la zona de estudio. Es la zona con menor número de días de tormenta. Por la tarde se observa ya un claro mínimo. Muchas de las tormentas son originadas por el enfriamiento nocturno de las cimas nubosas con la consiguiente inestabilización de la masa de aire.

Tabla 5*Número medio de días de tormenta para cada período trihorario en las zonas III.I, III.II y III.III*

Períodos	Zona III.I Núm. días tormenta	Zona III.II Núm. días tormenta	Zona III.III Núm. días tormenta
0 - 3	2,0	4,1	2,5
3 - 6	2,7	4,9	2,5
6 - 9	1,2	4,3	2,5
9 - 12	1,7	4,0	1,9
12 - 15	3,5	3,6	1,5
15 - 18	4,5	3,8	1,5
18 - 21	3,1	4,1	3,0
21 - 24	1,7	4,4	2,8
0 - 24	13,1	17,2	11,1